

長期材齢コンクリートの調査研究

(21 旧福井市外電話局及びIKビル)

川上 英男* 脇 敬一**

Investigations of Two Reinforced Concrete Buildings

Hideo KAWAKAMI and Keiichi WAKI

(Received Feb. 28, 1995)

Investigations were carried out on the durability of two reinforced concrete buildings. The carbonation depth of concrete, depth of reinforcing bars and compressive strength of concrete were discussed based on the investigated results.

Fukui telephone office building, 46 years old, survived the bombing in 1945 and Fukui Earthquake 1948. Damages from these experiences acceralated the deterioration of concrete and reinforcing bars.

- 1) The mean value of compressive strength of concrete was 167 kgf/cm^2 .
- 2) Carbonation depth of concrete inside the building was found to be 2.7 times of the value expected by the ever proposed estimation formula.
- 3) Carbonation depth of the outside was two times of the value obtained by the formula.

IK building, 58 years old, has been well maintained.

- 1) The mean value of compressive strength of concrete was 115 kgf/cm^2 .
- 2) Carbonation depth of concrete was 2-2.7 times of the value expected by the formula.
- 3) Carbonation depth was found to be decreased with increased compressive strength of concrete.

1 福井市外電話局

1. 1 まえがき

福井市外電話局舎は昭和5年竣工以来、戦災、震災を蒙った。この調査建物の耐久性判断の資料を得るため、不同沈下、傾斜、ひび割れ及び主要構造材であるコンクリートの材質を調査し、損傷状態と老朽度の実態を明らかにした。調査時の経歴年数は46年である。この建物はその後取り壊された。

1. 2 建物概要及び経歴

調査建物は当初建てられた1部3階建ての本館と8年後に増築された2階部分から成り、東

*, ** 環境設計工学科

西10スパン45m、南北6スパン27m、匚字型平面を持ち、軒高11.2m、ペントハウス軒15.2m、パラペット13.6mであり、本館の基礎には6.7m-8.5mのペDESTAL杭を228本用いている。外装は1階壁及び軒鼻はタイル張り、他はモルタルリシン、屋根はアスファルト防水である。内装は腰はモルタル、壁・天井はシックイ塗りを主としている（写真1,2参照）。

以下説明の都合上建物を主棟、東棟、西棟、及び南棟に区分する（図1.1参照）。なお主要構面を図1.1のように名付けておく。

この建物の主な経歴を示すと次の通りである。

昭和 5年11月28日 本館竣工

昭和13年 本館平屋の上に南棟2階2スパンを上増しすると共に、2階3スパンを西方に横増し、階段室も設けた。

昭和20年 7月19日 空襲で主棟中央部に直撃弾を受け、屋根スラブに直径1mの穴があいた。このため2階交換室は全焼した。2階南棟も類焼した。その他の被害範囲を図1.1に示す。

昭和23年 6月28日 福井地震震害調査報告[1]によると次の記述がある。

「地震後の調査によるとコンクリートの施工は悪く、殊に電話線パイプを梁の横に通したりしており、これらの箇所が亀裂を生じているほか、戦災で相当の火害を受けた模様で、2階東西長手の交換室の梁はハンチ部分に亀裂を生じた。内庭部は10cmの沈下を起こしている。また階上に突出している煙突で建物との接ぎ目（地表より9m高）に大きな亀裂を生じて略々15°傾斜している。しかし 内部耐火煉瓦は崩れず、パラペット面より下方1.7mの位置までであることが窺えた。」

その後昭和45年までに建物の部分的増設・新設のほか8回の模様替えが行われている。

1. 3 建物の変形

1.3.1 不同沈下

建物の47箇所の高低差を測定した結果を要約すると次のようである（図1.2参照）。

不同沈下は増築部が大半を占めている南側において最も著しく、東南隅（G-11）を基点として西方に移るに従い徐々に沈下量が大きくなり、西端（G-4）では17cmの沈下を生じている。

東棟は北へ進む程沈下しており東南隅を基点としてC-11では4.4cmの沈下が見られる。

主棟は東西に長く、東南隅基点に対して全体として約3cm沈下した上、東へ進む程更に沈下し、A-8では約2cm（基点に対し5.2cm）の差を生じている。

西棟では、全体として3.5cm程沈下している上に、東側の相対沈下約1cmが生じているものと見なされる。

1.3.2 傾斜

1階30箇所、2階19箇所の柱と壁について測長1700mmの傾斜尺を用いて傾斜を測定した。

なおタイル仕上げ面の凹凸は約3mm見られるので、測定値が $3/1700=1.8/1000$ 以上を示した場合を傾斜と見なした。測定結果によると、南棟は西方へ約 $2/1000-3/1000$ 、パラペットまでの

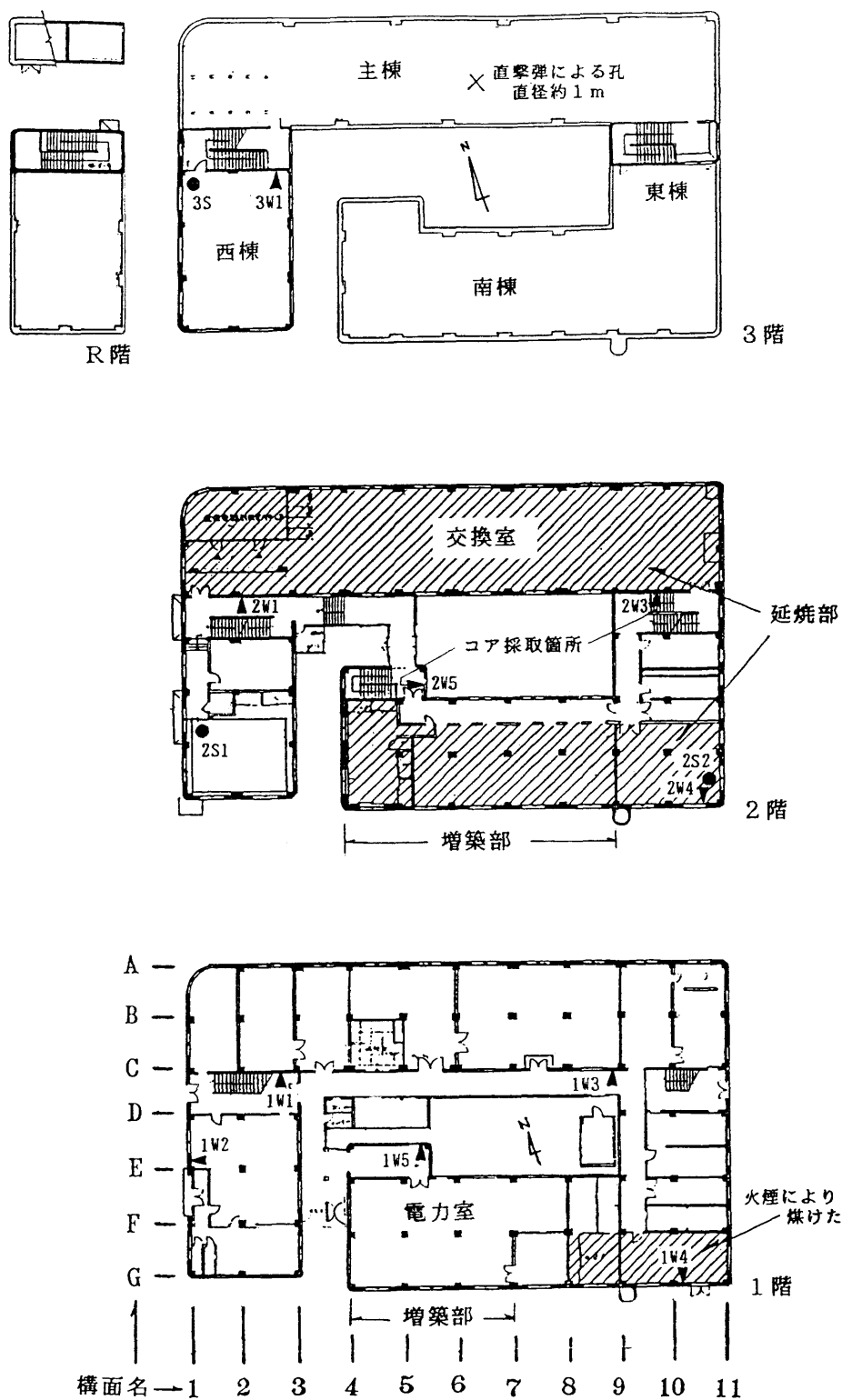


図1.1 各階平面図

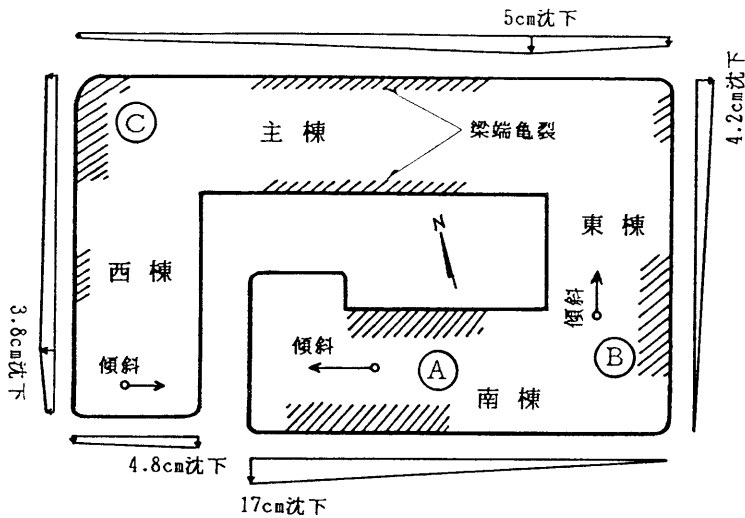


図1.2 建物変形概要

地上高13.6mに換算して3-4cm、東棟は北方へ約3/1000 すなわちパラペット高に対して4cm、西棟南部は東方へ1.2/1000 軒高15.2mに対して約2cm程度傾いていると見なされる（図1.2矢印参照）。これらの事実は前述の不同沈下の様相を裏づけるものである。

1.4 損傷状況

1.4.1 外観

1 階タイル貼部以外は外装、内装共ほとんど全部が補修、あるいは再仕上げが施されていて、亀裂の全般的把握は困難な状況にある。

1 階タイル貼部に見られる亀裂部分はコーキングが施されている。西側 B-1, C-1 部分の壁は外側にはらんでいて、その剥落防止にボルトでつなぎ工事がなされている（写真3参照）。

北東面角の軒鼻と窓周囲においてタイルの剥落が見られるが、全体にわたって剥落は比較的少ない。亀裂は北面30ヶ所、西面24ヶ所、南面24ヶ所、東面37ヶ所認められる。

1.4.2 構造亀裂

特にコンクリート躯体にまで貫通し、構造体強度に影響するひび割れとしては、次の3箇所が顕著である。

1) 西側 A-D の斜め亀裂

A-B 窓下の斜め亀裂にはコーキングが施されているが、この亀裂の両側ではタイル面の段差が4-5mm 生じている。すなわち北側下の壁に対し南側の壁ははらみ出しており壁面は崩壊寸前の状態にある（図1.3参照）。

2) 東面 F-E の斜め亀裂

図1.3に示すように幅0.4mmの斜め亀裂は、北方上方へ向かって2階まで進展している。これは、前述の不同沈下及び傾斜を裏づけるせん断亀裂である。

3) 南面 4-7 の斜め亀裂

電力室内南側及び北側には、腰壁、小壁に東下方より西上方に向かう斜め亀裂が認められる。また中庭側で2階7-6間に斜め亀裂が認められる。南側外壁腰のリシンをかき落としてみると、洗い出し仕上げに斜め亀裂がある。不同沈下が11-4間で17cmも生じていることから、この他にもかなりのせん断亀裂が分布しているものと想定される。なおこれら建物の不同沈下を裏づける構造体のせん断亀裂は、梁・柱にも生じているものと思われるが、確認するには至らなかった。

その他、1階窓下の腰タイル部に見られる上下方向の微細亀裂は、東面C-Dに見られる亀裂のように礎石御影石まで亀裂が進展している点から、地震時の上下動によるものと思われる。

昭和45年にアクリルリシン吹き付けを行った外壁に、不同沈下が原因で生じたと見なされる亀裂は皆無であるところから、構造体の変形に関連するような亀裂は、地震時の衝撃によって生じたものであり、その後調査時まで建物の変形は進行してないものと判断される。

1.4.3 老朽化及び収縮による亀裂

前述の斜め亀裂の他、主として開口部側方周辺に幅 1~0.3mm の縦方向の亀裂がある。これらは内部鉄筋の発錆、あるいは火熱による膨張によって生じたもので、構造体変形とは関係ない。ペントハウス壁に見られる不規則なパターンの亀裂やパラペット内側に生じている亀裂はモルタルの収縮を引金に凍結融解作用で老朽化が進んだものと思われる。また、屋上の防水押えモルタルは南棟では不陸が著しい他、煙突は全面に亀裂が発生しており老朽化が顕著であることを示している。

1. 5 コンクリートコアの材質

1.5.1 コア

図1.1に示すように、壁10箇所、床スラブ3箇所より直径10cmのコンクリートコアを採取した。このうち 2W2 のコアには鉄筋が含まれている。コンクリートの充填不良のため途中で折損したり、あるいはコア切り出し中鉄筋に遭遇したため中断したものが3本ある。

1.5.2 圧縮試験

まずコアを裁断し、モルタルで上下面のキャッピングを施し長さ20cmとし、4日間水中養生後、5日間室内に置き乾燥に伴う重量変化が少なくなつて気乾状態と判断される状態になってから JIS A 1107 (コンクリートからのコア及びはりの切取り方法及び強度試験方法)に準じて圧縮試験を行った。なお、試験体には差動トランス付きコンプレッソメーターを取り付け歪を計測した。

試験結果を表1.1に示す。圧縮強度は本館では $102\text{--}244\text{kgf/cm}^2$ 、増築部から採取した1本は 90kgf/cm^2 であった。全体的には 200kgf/cm^2 近いものと 100kgf/cm^2 前後の2グループに分けられる傾向にある。すなわち前者にはスラブコンクリートが3本と建物東南部の1・2階壁コンクリートがあり、他はすべて後者の低強度グループに入る。

コアの採取箇所は建物全体にほぼ均等に割りふつてあるのでこれらの結果が建物全体の品質を表すものとすれば、圧縮強度平均は 167kgf/cm^2 で、標準偏差は 62.7kgf/cm^2 と算定される。

これらの結果から JASS 5 [2] の考え方に基づいて標準偏差と等しい余裕を見込むと、期待

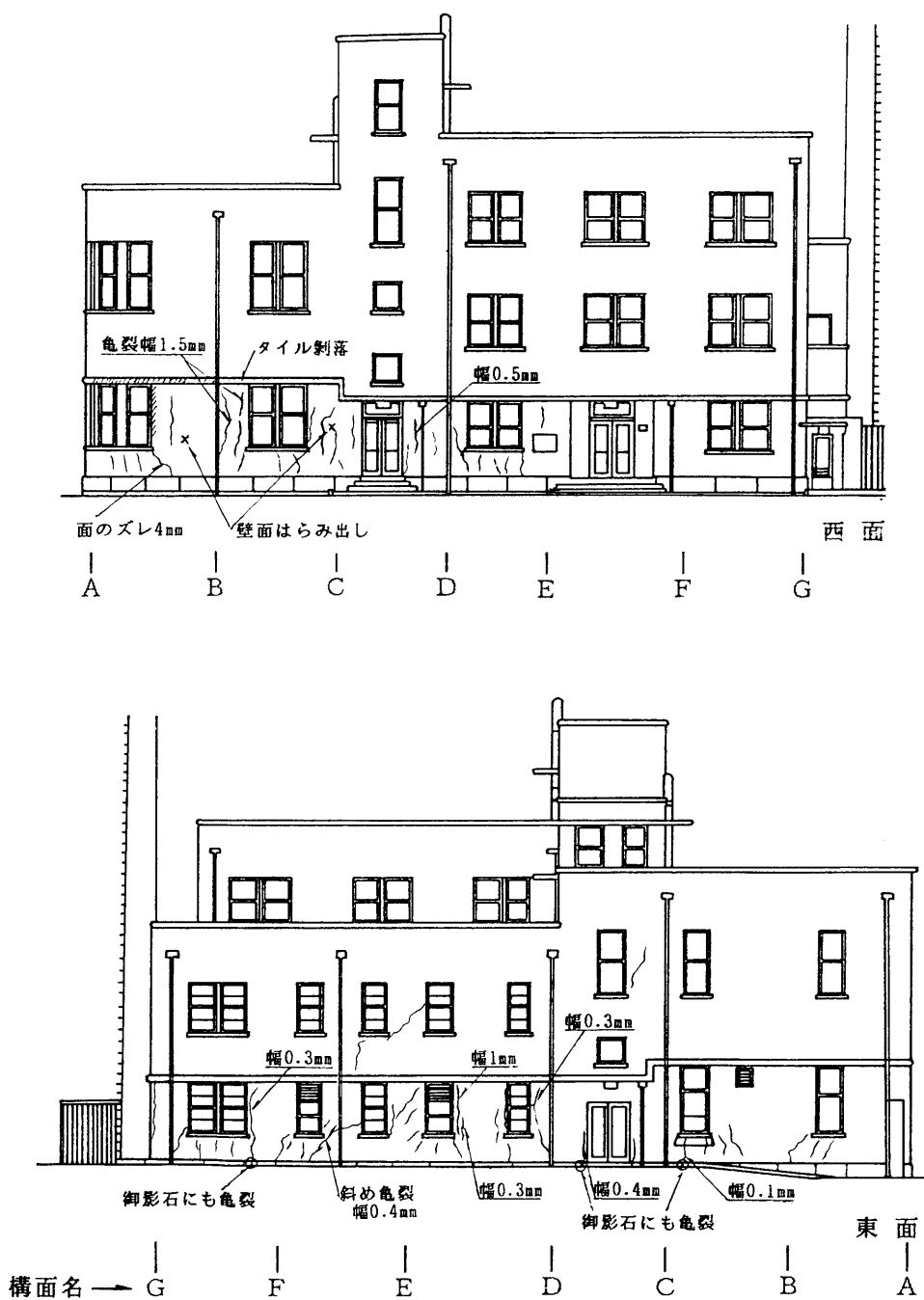


図1.3 損傷の分布

表1.1 コンクリートコア圧縮試験結果

| 試料名 | 採取位置 | 圧縮強度 (kgf/cm ²) | ヤング係数(*) (10 ⁵ kgf/cm ²) | ヤング係数(**) (10 ⁵ kgf/cm ²) |
|-----|--------|--------------------------------|--|---|
| 1W1 | 1 階壁 | 111 | 0.97 | 1.48 |
| 1W3 | 1 階壁 | 139 | 1.29 | 1.66 |
| 1W4 | 1 階壁 | 244 | 2.58 | 2.19 |
| 1W5 | 1 階壁 | 90 | 1.19 | 1.33 |
| 2W1 | 2 階壁 | 115 | 1.10 | 1.49 |
| 2W4 | 2 階壁 | 179 | 2.06 | 1.86 |
| 3W1 | 3 階壁 | 102 | 1.19 | 1.42 |
| 2S2 | 2 階スラブ | 201 | 1.29 | 2.09 |
| 2S4 | 2 階スラブ | 241 | 1.68 | 2.29 |
| 3S1 | 3 階スラブ | 244 | 1.76 | 2.26 |

(*) : 実測値

(**) : 日本建築学会鉄筋コンクリート構造計算規準による算定値

できる設計強度は 104kgf/cm² となる。なお耐震の見地から、水平方向せん断力をうける壁コンクリートだけについて上記同様に算定すると、圧縮強度平均は 140kgf/cm²、標準偏差 53kgf/cm² となり、水平耐力算定用の設計基準強度としては 86kgf/cm² を見込むことになる。

歪度計測結果から算定したヤング係数を表1.1に示す。これらの値は日本建築学会鉄筋コンクリート構造計算規準[3]に示された圧縮強度と比重から算定される値よりも低いものが多い。

1.5.3 比重・吸水率試験

JIS A 1110 (粗骨材の比重及び吸水率試験方法) に準じて鉄筋を除いたコンクリート片について試験を行った結果、表乾比重は 2.32-2.45、吸水率は本館で 6.5%、増築部で8.08%である。

1.5.4 中性化試験

外部14箇所、内部22箇所の壁、柱及びスラブに対して、フェノールフタイン 1% アルコール 溶液を散布してアルカリ反応を調べると共に、鉄筋の腐食状況を観察した。

調査部分のスケッチを図1.4に示す。

a) 外部

本館のタイル仕上げ部ではコンクリート中性化深さは 5mm程度以下で極めて少ない。もつともジャンカ部では0-8cmとなっていたり、F・11、G・11の脚部の亀裂を生じている部分では 1.5-2.5cmに達している。G・11のように縦ひび割れの生じている部分の鉄筋 2-16φ は、下部6cm程は約0.5mm厚が腐食している (写真4,5参照)。このことから亀裂の項で述べた窓周辺に見られる縦ひび割れ部では鉄筋の発錆膨張が懸念される。

またA・8のように亀裂幅が1.5mmに及ぶものは表面から10cm内に至ってもなお亀裂をはさんで両側4cmが中性化しており、9φ 筋には表面に赤錆が認められた。このことから、他の亀裂部でも同様にコンクリートの内部深くまで中性化している恐れがある。

増築部は洗い出し仕上げの上に、後にリシンを吹き付けてありその下地モルタルは2-5.8cmと比較的厚い。7箇所調査したうち2箇所は4.5-5.8cmのモルタルは中性化しているものの、コン

クリートには中性化は見られない。残りの5箇所では、中性化深さは仕上げ面から6.4cm以上に達し、7-12cmになってもなおアルカリ性を示さない部分もあり、コンクリートの材質が劣っていることがうかがえる。

鉄筋を観察した3例のうち2例は表面に赤錆が生じており、更に残りの1例 G・4脚部では9φ鉄筋の表面2mm厚が腐食膨張し、健全部は細っている（写真6参照）。

これらの点から、増築部では亀裂の有無に拘らず中性化が内部深く進行している可能性が大きい。

b) 内部

壁・柱はモルタル下地の上にシッキイ塗り仕上げをしたものが殆どである。調査箇所は建物全体に対して均等に分布せしめるように配慮した上で調査可能な場所を選んだ。それら15箇所の中性化深さは仕上げ表面から3.5-10cmに及んでいる。このうち中性化が内部鉄筋の位置に達したり、あるいは更に深く進行しているものは12例で、いずれも鉄筋には錆が生じ、著しい場合は表面の1-2mmが腐食してボロボロになっている（写真7参照）。鉄筋の錆がわずかで健全と見なされるのは3例にすぎない。

なおスラブより採取した3個のコアを調査したところでは、コンクリート躯体の中性化は上面では殆ど認められないが、下面からは2-3cmの深さまで中性化しており、スラブ下端筋に達した状態にあるものと考えられた。

c) 建物全体の中性化

上述のように中性化は建物内部の方が外部より著しいので、内部調査部分について仕上げ表面から鉄筋表面までの距離と表面からの中性化深さを比較してみると、仕上げ表面から鉄筋表面までの距離の平均が6cmであるのに対し、中性化深さは7.1cm以上にも及ぶ。

（ここに中性化深さに”以上”と付けてあるのは、その位置まではつってもなおアルカリ反応を認められなかった場合にその深さをもって平均値算定の根拠としたので、実際の平均はこれを上回ると言う意味である。）

このことから中性化は建物内部全体において、既に鉄筋の表面の位置を越えた深部まで浸入していると判定された。

経過年数(t)とコンクリートの中性化深さ(x cm)の関係について、水セメント比60%の場合式(1)が提案されている。

$$t = 7.2 x^2 \quad \text{----- (1)}$$

これによると本例の場合 $x=2.55\text{cm}$ となるが、調査結果はその2.7倍に達している。

1. 6 調合分析

圧縮試験結果の低強度グループから2試料、比較的高強度から2試料、そして増築部から2試料の計6試料についてコンクリート調合分析をそれぞれ次のように行なった。先ずコンクリート部を槌で丹念に破碎し、モルタルと粗骨材とに分離し、このモルタル部を更に微粉碎の上、絶乾状態とする。これを電気マッフル炉で700℃中で2時間以上保ち、除冷後、希塩酸で処理、水洗する。この残りを砂と見なして、コンクリートの絶乾重量調合比を算定した結果コンクリート部の調合比(セメント:砂:砂利)は本館では1:3.27:6.15、増築部では1:6:5.7と求めら

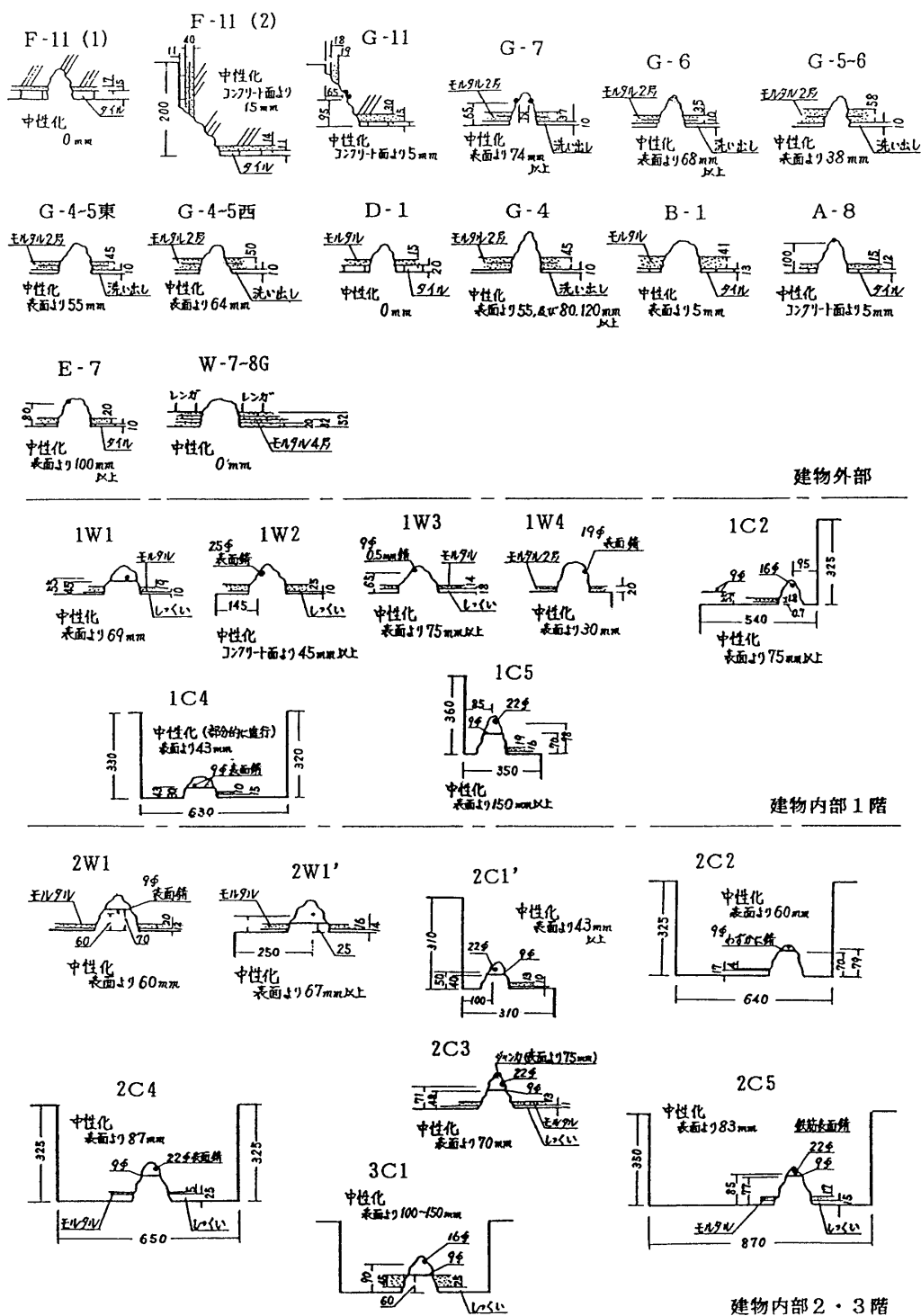


図1.4 はつりと中性化試験結果



写真1 局舎北面



写真2 局舎西面



写真3 西面のひび割れとタイルの剥落防止用ボルト



写真4 南棟東部出入口
縦ひび割れ幅2mm

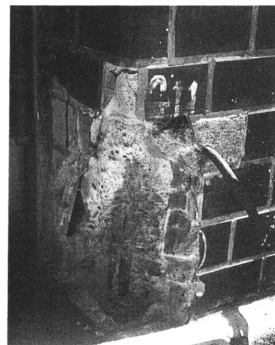


写真5 鉄筋2-16φは表面0.5mmが腐食している。



写真6 増築部南西角の鉄筋の腐食
(腐食のため鉄筋は細っている)



写真7 食堂西面壁鉄筋の腐食

れ、本館に比べ増築部の方がセメントが少ないことが判った。モルタル部に付いて見れば本館の 1:3.27 に対し、増築部では 1:6 とセメントに対する砂の量が極めて大きく、この点同じスランプのコンクリートとすれば、使用水量が多く、水セメント比が大きいことを示唆している。

増築部では中性化の進行が速く、コンクリート強度も低いという前述の調査結果は、この分析結果よりコンクリートの貧調合が原因であることが明かとなった。

1. 7 鉄筋

主要な太径鉄筋を採取するのは差し控え、9φ鉄筋の品質だけでも明らかにしておくという意味で、本館 1W1 及び増築部 1W5 より壁筋を採取し、JIS Z 2241 に準じて試験を行なった。なお鉄筋に抵抗線付き歪ゲージを取り付け歪を測定し、ヤング係数も求めた。その結果本館及び増築部の鉄筋(9φ)は JIS G 3112 熱間圧延棒鋼1種 SR24 (降伏点24kgf/mm²以上)、引張強さ39-53kgf/mm²、伸び20%以上)に該当するものであった。

1. 8 むすび

材齢46年の鉄筋コンクリート造の旧福井市外電話局の老朽度を調査した結果、次のことが明らかとなった。

- 1) コンクリートコアの圧縮強度は全体として (167±63) kgf/cm²であり、設計基準強度の期待値は 104kgf/cm²である。この値は地震時を対象として壁体コアだけにもとづくと 86kgf/cm²を想定すべきである。なおコア採取の状況からコンクリートの充填不良部が可成り存在すると推定されるので建物全体の値はさらに低い恐れがある。なお、鉄筋は 9φだけの調査結果ではあるが SR24 の品質に該当する。
- 2) 戦災や震災で可成りの構造的損傷を受けている。すなわち建物に生じた不同沈下は、南棟では西部で約17cm、東棟では北部で4.2cmである。主棟では全体が約3cm沈下した上、東部はさらに2cm沈下している部分もある。西棟では3.5cm沈下した上、さらに東側は約1cm沈下している(図1.2参照)。またこれらと関連する建物の傾斜も測定された。

一方外壁には多数の亀裂が認められ、特に建物の変形や構造耐力に重大な影響を持つと思われるものは図1.2に示す(A)、(B) 及び(C)部に分布した顕著なせん断斜め亀裂である。さらに福井地震震害調査報告によると、交換室(主棟)の南北方向大梁端には大幅の亀裂が生じていたことが報告されている。

これらの構造的損傷は東西方向あるいは南北方向の主要構造体の一体性を損じ、建物の剛性を弱めているものであり、無傷に近いのは西棟の南部だけにすぎない。すなわち構造体の主要部において構造耐力の理論的検討の根拠となっている一体性は失われている状況にある。

- 3) 外部よりの中性化は亀裂部以外は殆ど問題とならないほどであるが、建物内部では既に仕上げ表面から3.5-10cmに達している。

内部15箇所調査例のうち12箇所では鉄筋に錆が発生しており、著しい場合には鉄筋の表面1-2mmが腐食のためボロボロになっている。この鉄筋の発錆膨張の現象はすでに外壁コンクリートの窓周辺部の縦方向亀裂にも現れており、こういった鉄筋の発錆は建物全体に及ぶ

ものと推定される。また外部の亀裂部では鉄筋の腐食が著しく、鉄筋が細っている例も見つけられた。すなわち構造耐力の理論的検討が当てはまらない程度に立ち至っており、建物の安全性確保に重大な欠陥が生じているべきと考えられる。しかもこの種の欠陥は年月の経過と共に、腐食の進行、亀裂の拡大という悪循環により、侵食の程度とその範囲の拡大が一層著しくなる性格を持っていると言える。

以上、打設コンクリートの品質が必ずしも良くないこと、火災によるコンクリートの劣化及び地震による構造体の変形と損傷、加えて材齢46年を経る間に進行したコンクリート中の中性化と鉄筋腐食の現状から構造的安全性が保たれない状況にあることが明かとなった。

2 I Kビル

2.1 建物概要と調査項目

調査対象の建物は鉄筋コンクリート造3階建、調査時の材齢は58年である。ここには鉄筋コンクリート造建物の耐久性判断の指標として重要なコンクリートの中性化と圧縮強度の結果のみをまとめた。

2.2 調査結果

建物内部の腰壁よりコンクリートコア（直径10cm）を27本採取した。これらのコアの側面に抜き取り直後フェノール1% 溶液を散布し、中性化深さを計測すると共に圧縮試験後縦割りした断面に対しても同様の計測を行った。

コアは長さ20cmに切断し、硫黄キャッピングを施した。7本のコアは長さが20cmに満たなかったので型枠にはめ込み、両端に早強セメントモルタルを打設して長さ20cmの供試体とした。これらは3日間水中養生後、4日間空中に置いて気乾状態としてから圧縮試験を行った。

その結果を廊下側と室内側それぞれについてまとめ、表2.1と表2.2に示す。

また建物外壁のモルタル仕上げ部11箇所をはつり、そのはつり孔に対して上記同様の中性化深さの計測を行った。その結果を表2.3に一括して示す。

これらすべての調査部分において、シックイとモルタルは全くアルカリ反応を示さず、コンクリート本体の中性化深さの平均は、内壁では廊下側 6.12cm、室内側 6.45cm、外壁は 3.07cm以上であった。

ここに 3.07cm以上としたのは、仕上げ表面から9-10cmの深さまではつりを行っても、アルカリ赤変反応が認められず、それ以上に中性化が進行しているものを3箇所含むためである。すなわち少なくとも3.07cmという意味である。

2.3 考察

2.3.1 中性化深さと環境条件

仕上げの中で、多孔質のシックイは炭酸ガスの浸入防止効果が少ないと考えて、モルタルとコンクリートの中性化厚を合計した値を取り上げる。その平均は屋内廊下側では6.2cm、室内側では7.66cm、屋外では5.63cmである。廊下側より室内側の方が中性化深さが大きいのは執務室内の方が廊下より炭酸ガス濃度が大きいことが原因と考えられる。屋外の方が屋内より中性化

表2.1 中性化試験結果（屋内廊下側）

| 部 位 | シツクイ 厚さ 中性化深さ (cm) | | モルタル 厚さ 中性化深さ (cm) | | コンクリート 中性化深さ (cm) | 中性化深さ計 (cm) | 圧縮強度 (kgf/cm ²) |
|------|--------------------------|-----|--------------------------|-----|-------------------------|----------------|--------------------------------|
| 1階 壁 | 1.2 | 1.2 | — | — | 7.3 | 7.3 | 85.9 |
| 1階 壁 | 2.9 | 2.9 | — | — | 4.4 | 4.4 | 77.0 |
| 1階 壁 | 2.4 | 2.4 | — | — | 4.2 | 4.2 | 128 |
| 1階 壁 | 1.0 | 1.0 | — | — | 7.0 | 7.0 | 110 |
| 1階 壁 | 1.8 | 1.8 | — | — | 6.2 | 6.2 | 119 |
| 2階 壁 | 1.5 | 1.5 | — | — | 11.0 | 11.0 | 42.5 |
| 2階 壁 | 1.7 | 1.7 | 0.8 | 0.8 | 4.7 | 5.5 | 133 |
| 2階 壁 | 2.3 | 2.3 | — | — | 7.3 | 7.3 | 97.3 |
| 3階 壁 | 2.0 | 2.0 | — | — | 6.5 | 6.5 | 84.3 |
| 3階 壁 | 2.7 | 2.7 | — | — | 6.0 | 6.0 | 98.2 |
| 3階 壁 | 2.0 | 2.0 | — | — | 5.8 | 5.8 | 97.6 |
| 3階 壁 | 2.3 | 2.3 | 0.7 | 0.7 | 3.0 | 3.7 | 87.7 |

表2.2 中性化試験結果（室内側）

| 部 位 | シツクイ 厚さ 中性化深さ (cm) | | モルタル 厚さ 中性化深さ (cm) | | コンクリート 中性化深さ (cm) | 中性化深さ計 (cm) | 圧縮強度 (kgf/cm ²) |
|------|--------------------------|-----|--------------------------|-----|-------------------------|----------------|--------------------------------|
| 1階 壁 | — | — | 1.7 | 1.7 | 3.0 | 4.7 | 205 |
| 1階 壁 | 0.6 | 0.6 | 0.3 | 0.3 | 6.5 | 6.8 | 77 |
| 1階 壁 | 0.4 | 0.4 | 2.8 | 2.8 | 6.2 | 9.0 | 138 |
| 1階 壁 | 0.5 | 0.5 | 1.6 | 1.6 | 2.9 | 4.5 | 150 |
| 1階 壁 | 1.7 | 1.7 | — | — | 7.3 | 7.3 | 101 |
| 1階 壁 | 2.8 | 2.8 | — | — | 10.9 | 10.9 | 57.8 |
| 2階 壁 | — | — | 1.3 | 1.3 | 8.7 | 10.0 | 90.9 |
| 2階 壁 | 0.5 | 0.5 | 1.2 | 1.2 | 4.2 | 5.4 | 170 |
| 2階 壁 | 0.2 | 0.2 | 1.9 | 1.9 | 8.0 | 9.9 | 101 |
| 3階 壁 | 2.2 | 2.2 | — | — | 6.5 | 6.5 | 167 |
| 3階 壁 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 7.0 | 8.0 | 122 |
| 3階 壁 | — | — | 3.5 | 3.5 | 10.0 | 13.5 | 110 |
| 3階 壁 | 2.0 | 2.0 | 0.5 | 0.5 | 4.0 | 4.5 | 198 |
| 3階 壁 | 2.6 | 2.3 | 2.4 | 2.4 | 7.0 | 9.4 | — |
| 3階 壁 | 3.0 | 3.0 | — | — | 4.5 | 4.5 | 93 |

表2.3 中性化試験結果（外壁側）

| 部 位 | シツクイ 厚さ 中性化深さ (cm) | | モルタル 厚さ 中性化深さ (cm) | | コンクリート 中性化深さ (cm) | 中性化深さ計 (cm) |
|-----|--------------------------|---|--------------------------|-----|-------------------------|----------------|
| 壁 | — | — | 4.1 | 4.1 | 1.8 | 5.9 |
| 壁 | — | — | 2.4 | 2.4 | 3.5以上 | 5.9以上 |
| 壁 | — | — | 3.1 | 3.1 | 2.2 | 5.3 |
| 壁 | — | — | 2.5 | 2.5 | 1.2 | 3.7 |
| 壁 | — | — | 1.2 | 1.2 | 7.8以上 | 9.0以上 |
| 壁 | — | — | 2.4 | 2.4 | 0.2 | 2.6 |
| 壁 | — | — | 2.6 | 2.6 | 1.3 | 3.9 |
| 壁 | — | — | 3.1 | 3.1 | 2.7 | 5.8 |
| 壁 | — | — | 3.5 | 3.5 | 7.7以上 | 11.2以上 |
| 壁 | — | — | 2.5 | 2.5 | 2.6 | 5.1 |
| 壁 | — | — | 0.7 | 0.7 | 2.8 | 3.5 |

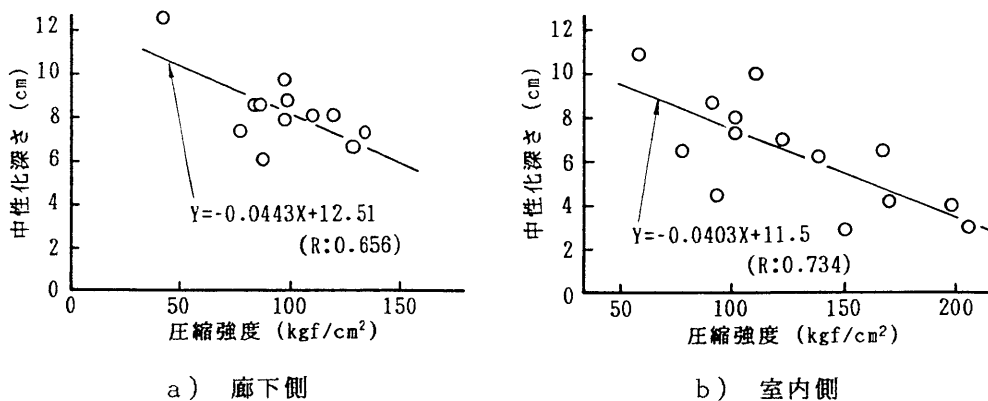


図2.1 コンクリートコアの圧縮強度と中性化深さ

深さが小さいのはコンクリートの湿度が雨雪の影響で室内より高く、気体の拡散係数を低下せしめることならびに炭酸ガス濃度が室内より低いなどが理由として考えられる。

前述の式(1)によれば本例の場合の x は 2.84cm と求められる。調査結果は、コンクリート部分だけの中性化深さについては屋外では1.1倍、屋内では2.3倍の値を示した。モルタルを含めた中性化深さについてはそれぞれ、約2倍と2.7倍である。

2.3.2 中性化深さと圧縮強度

本調査例ではコアの圧縮強度平均値は、廊下側 96.7kgf/cm²、室内側 127.2kgf/cm² であって、現在の水準に比べるとかなり低いが、当時としては普通程度とみられる。

中性化深さとコンクリート圧縮強度の関係を廊下側と室内側それぞれについて図2.1に示す。

圧縮強度の大きい場合程中性化深さは小さくなる傾向が認められる。本例の場合圧縮強度10 kgf/cm²の増加に対して中性化深さは4 mm程度減少する傾向となっている。この傾向の度合は経過年数、コンクリートの材質、環境条件などの影響を受けるものと考えられる。

2.4 むすび

材齢58年の建物についての本調査結果ではコンクリート圧縮強度は97-130kgf/cm²程度、コンクリートの中性化深さは、従来の提案式で求められる値の1.1-2.3倍（モルタル仕上げを含むときは2-2.7倍）を示した。

また圧縮強度が大きい部分程中性化深さは少なくなり、その割合は圧縮強度10kgf/cm²の増加に対して中性化深さの減少は約4 mm程度であった。

参考文献

- [1] 昭和23年福井地震震害調査報告Ⅱ 建築部門, 日本建築学会北陸震災調査特別委員会, 1951
- [2] JASS 5 日本建築学会標準仕様書 5 鉄筋コンクリート工事
- [3] 日本建築学会鉄筋コンクリート構造計算規準